

Angka Acuan Sasaran untuk Pengelolaan Perikanan Udang Laut Arafura Dengan Tujuan Beragam (Purwanto)

ANGKA ACUAN SASARAN UNTUK PENGELOLAAN PERIKANAN UDANG LAUT ARAFURA DENGAN TUJUAN BERAGAM

TARGET REFERENCE POINTS FOR THE MANAGEMENT OF ARAFURA SEA SHRIMP FISHERY WITH MULTIPLE-OBJECTIVES

Purwanto

Anggota Komnas Kajiskan-Jakarta

Teregistrasi I tanggal: 26 Juli 2013; Diterima setelah perbaikan tanggal: 19 September 2013;

Disetujui terbit tanggal: 31 September 2013

ABSTRAK

Kriteria pengelolaan perikanan dalam kerangka pembangunan nasional, yaitu *pro-growth*, *pro-poor*, *pro-job* dan *pro-environment*, mengarahkan pengelolaan perikanan udang di Laut Arafura untuk mengoptimalkan produksi lestari dan keuntungan perikanan, serta meningkatkan keuntungan per kapal dan peluang kerja sebagai nelayan. Masing-masing tujuan tersebut perlu ditetapkan angka acuan sasarannya yang diharapkan dicapai dalam pengelolaan perikanan. Mengingat tujuan tersebut saling bertentangan, sehingga tidak dapat dicapai bersamaan, perlu ditentukan tingkat kompromi optimal diantara tujuan tersebut dan angka acuan sasarannya. Tulisan ini menyajikan model pemrograman matematika untuk optimisasi dengan empat tujuan pengelolaan, serta menggunakannya untuk mengestimasi angka acuan sasaran dan jumlah optimal kapal penangkap. Hasil optimisasi dengan pemberian bobot prioritas yang sama terhadap empat tujuan pengelolaan perikanan dalam kerangka pembangunan nasional menunjukkan bahwa angka acuan sasaran pada tingkat kompromi optimal dicapai dengan pengendalian upaya penangkapan pada tingkat yang setara dengan daya tangkap 512 kapal pukat udang 130 GT. Angka acuan sasaran yang sama dihasilkan dari optimisasi dengan pemberian bobot prioritas yang lebih tinggi terhadap dua tujuan pengelolaan perikanan sesuai dengan Pasal 6 Undang Undang Perikanan tahun 2004.

KATA KUNCI: Angka acuan sasaran, perikanan udang, pemrograman dengan sasaran beragam

ABSTRACT

The criteria of fisheries management undertaken in a framework of national development, particularly pro-growth, pro-poor, pro-job and pro-environment, guide the management of shrimp fishery in the Arafura Sea to optimising shrimp production and fishery profit, and increasing per vessel profit and job opportunity as fishers. As those objectives were conflicting that could not be achieved simultaneously, it is necessary to seek an optimal compromise amongst several conflicting objectives and to estimate their target reference points. This paper presents a mathematical programming model accommodating four objectives of fisheries management, and the utilisation of this for estimating the target reference points and the optimal number of fishing vessels. The result of optimisation shows that target reference points at the optimal compromise levels for the four conflicting objectives, with equal priority, of fisheries management supporting the national development could be achieved by controlling fishing effort at the level equal to fishing power of 512 shrimp trawlers of 130 GT. The same target reference points resulted from the analysis providing higher priority to the objectives of fisheries management stated in Article 6 of Fisheries Act of 2004.

KEYWORDS: Target reference points, shrimp fishery, multiple goal programming.

PENDAHULUAN

Sumberdaya Ikan (SDI) yang terdapat di wilayah perairan laut dan ZEE Indonesia, termasuk pula stok udang di Laut Arafura, merupakan salah satu kekayaan alam yang dikuasai oleh negara dan dipergunakan untuk sebesar-besar kemakmuran rakyat (Pasal 33(3) UUD 1945). Potensi kemakmuran dari SDI tersebut perlu didayagunakan pada tingkat optimal untuk mewujudkan Tujuan dan Cita-cita Nasional, yaitu antara lain memajukan kesejahteraan umum untuk

mewujudkan bangsa yang makmur (Pembukaan UUD 1945). Tujuan Nasional tersebut diwujudkan melalui pelaksanaan Pembangunan Nasional, dengan kekayaan alam hayati di laut sebagai salah satu modal dasar (Lampiran UU nomor 17 tahun 2007).

Laut Arafura merupakan daerah utama penangkapan udang bagi armada perikanan Indonesia. Hasil estimasi potensi produksi udang masing-masing WPP (KepMenKP nomor 45/Men/2011) menunjukkan bahwa stok udang di Laut Arafura

dapat menghasilkan produksi lestari sekitar 45% dari potensi produksi yang dapat dihasilkan secara lestari dari stok udang di Indonesia. Namun, stok udang tersebut beberapa-kali dimanfaatkan melebihi daya-dukungnya. Berdasarkan kecenderungan produksi udang dan produktivitas kapal pukat udang tahun 1992 – 1997, Widodo, et al. (2001) menyimpulkan bahwa stok udang tersebut telah mengalami pemanfaatan berlebih sejak tahun 1996. Sementara itu, berdasarkan hasil analisis hubungan antara produktivitas kapal pukat udang dengan jumlah kapal pukat udang dan kapal pukat ikan menggunakan data tahun 1996 – 2005 Purwanto (2008, 2010 & 2013a) menyimpulkan bahwa upaya penangkapan udang di Laut Arafura pada periode tahun 1998 – 2003 lebih tinggi daripada tingkat upaya yang menghasilkan produksi lestari maksimum (E_{MSY}). Kondisi pemanfaatan stok udang yang terburuk terjadi pada tahun 2000, pada saat produktivitas mencapai titik terendah (Purwanto, 2008, 2010 & 2013a). Hal tersebut merupakan akibat dari jumlah kapal penangkap yang diizinkan beroperasi melebihi tingkat optimumnya dan intensitas penangkapan secara ilegal relatif tinggi (Purwanto, 2010). Konsekuensi dari hal tersebut adalah kelimpahan stok dan kemampuan produksinya lebih rendah dari tingkat optimumnya (Naamin, 1984; Badrudin, Sumiono & Wirdaningsih, 2002; Purwanto, 2008, 2010 & 2013a) dan keuntungan ekonomi yang diperoleh pelaku usaha lebih rendah dibanding tingkat optimum, bahkan sebagian pelaku usaha mengalami kerugian (Purwanto, 2011b & 2013b). Kondisi perikanan udang tersebut membaik, sebagaimana nampak dari kecenderungan penurunan upaya penangkapan sejak tahun 2001, ketika dilakukan perbaikan pengelolaan perikanannya, mencakup antara lain penataan perizinan dan perbaikan pengendalian perikanan lainnya, serta peningkatan pengawasan perikanan dan penegakan hukum. Pada tahun 2004 – 2005, upaya penangkapan tidak lagi melebihi E_{MSY} (Purwanto, 2008, 2010 & 2013a). Namun, kondisi stock udang tersebut kembali memburuk akibat pemanfaatan berlebih setelah tahun 2005, khususnya oleh tingginya kegiatan penangkapan secara ilegal (Purwanto, 2013a).

Agar stok udang dapat menghasilkan manfaat secara optimum dan berkelanjutan serta terjamin kelestariannya, pemerintah atau otoritas lain perlu melaksanakan pengelolaan terhadap perikanan yang memanfaatkan SDI tersebut (Pasal 6 UU nomor 31 tahun 2004). Pengelolaan perikanan secara benar diharapkan akan memberikan dukungan optimum terhadap pembangunan nasional dengan kontribusi positif dalam kaitan dengan pertumbuhan ekonomi (*pro-growth*), pendapatan per kapita (*pro-poor*) dan

kesempatan kerja (*pro-job*), dengan tetap mempertahankan kelestarian sumberdaya alam dan lingkungannya (*pro-environment*) (Buku I Lampiran Perpres nomor 5 tahun 2010). Oleh karena itu, strategi pengelolaan perikanan dalam kerangka pembangunan nasional perlu disusun dan diputuskan dengan mempertimbangkan empat kriteria tersebut. Secara umum, pengambilan keputusan dengan kriteria beragam tersebut memiliki beberapa tujuan (*objectives*), dan masing-masing tujuan perlu ditetapkan sasaran yang diharapkan.

Dalam pengambilan keputusan pengelolaan perikanan digunakan angka acuan sasaran (*target reference point*) dan angka acuan batas (*limit reference point*) sebagai ukuran atau sasaran operasional. Angka acuan sasaran menunjukkan sasaran atau kondisi perikanan yang diharapkan dapat dicapai dari pengelolaan perikanan, mencakup antara lain mortalitas penangkapan, biomasa, tingkat keuntungan, hasil tangkapan utama dan sampingan. Angka acuan sasaran tersebut mencerminkan tujuan yang diinginkan masyarakat dalam pengelolaan perikanan (Sainsbury, 2008). Sementara itu, angka acuan batas mencerminkan batas dari kondisi yang perlu dihindari (FAO, 1997; Sainsbury, 2008).

Sementara itu, berdasarkan empat kriteria pengelolaan perikanan dalam kerangka pembangunan nasional dapat diidentifikasi setidaknya empat tujuan pada pengelolaan perikanan udang di Laut Arafura, yaitu (1) mengoptimalkan produksi udang dalam rangka mendorong pertumbuhan ekonomi, (2) mengoptimalkan total keuntungan dari perikanan udang, (3) meningkatkan keuntungan per unit kapal yang diperoleh pelaku usaha penangkapan udang dan (4) meningkatkan peluang kerja sebagai awak kapal penangkap udang, dengan tetap mempertahankan kelestarian stok udang. Namun, empat tujuan pengelolaan perikanan tersebut saling bertentangan sehingga tidak dapat dicapai secara bersamaan (Purwanto, 2003, 2011a&b; Purwanto & Wudianto, 2012). Oleh karena itu perlu ditentukan tingkat kompromi optimal diantara beberapa tujuan yang saling bertentangan dan angka acuan sasarannya pada tingkat yang memuaskan.

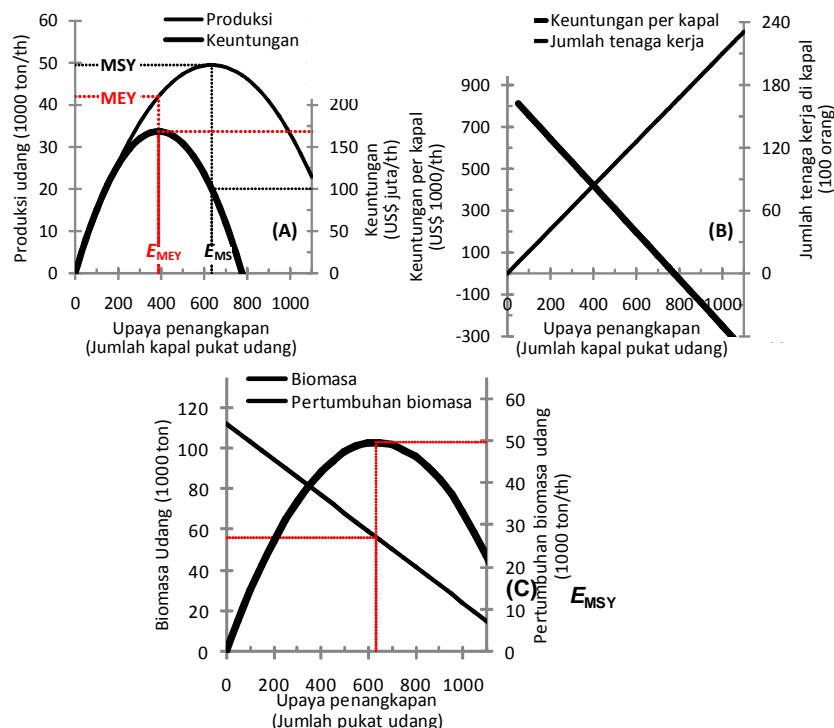
Tulisan ini menyajikan model pemrograman matematika untuk optimisasi dengan empat tujuan pengelolaan perikanan udang di Laut Arafura. Model tersebut selanjutnya digunakan untuk mengestimasi angka acuan sasaran, yang merupakan tingkat kompromi optimal sasaran dari empat tujuan pengelolaan perikanan, dan jumlah optimal kapal penangkap udang.

TUJUAN PENGELOLAAN PERIKANAN

Sesuai Pasal 6 UU nomor 31 tahun 2004, pengelolaan perikanan udang di Laut Arafura dilakukan untuk tercapainya manfaat yang optimal dan berkelanjutan serta terjaminnya kelestarian SDI. Sementara itu, pengelolaan perikanan tersebut dalam kerangka pembangunan nasional perlu diarahkan untuk mengoptimalkan produksi udang dalam rangka mendorong pertumbuhan ekonomi (Tujuan-I), mengoptimalkan keuntungan ekonomi perikanan udang (Tujuan-II), meningkatkan keuntungan per unit kapal yang diperoleh pelaku usaha penangkapan udang (Tujuan-III) dan meningkatkan peluang kerja sebagai awak kapal penangkap udang (Tujuan-IV), dengan tetap mempertahankan kelestarian stok udang. Salah satu kebijakan dalam mencapai tujuan pengelolaan perikanan di Indonesia adalah dengan pengendalian kemampuan penangkapan ikan dari armada perikanan, yang diukur dengan upaya penangkapan (OECD, 2007; McCluskey & Lewison, 2008).

Oleh karena itu pada pengelolaan perikanan udang di Laut Arafura, sasaran ideal untuk Tujuan-I adalah produksi maksimum lestari (*maximum sustainable*

yield – MSY). yang dicapai dengan pengendalian upaya penangkapan pada tingkat E_{MSY} . Sasaran ideal untuk Tujuan-II adalah total keuntungan optimum yang dicapai dengan pengendalian upaya penangkapan pada tingkat E_{MEY} (Gambar 1(A)), yang menghasilkan produksi lestari yang secara ekonomis optimum (*maximum economic yield* - MEY). Sementara itu, Tujuan-III dicapai dengan memperkecil upaya penangkapan, namun pengurangan upaya penangkapan lebih rendah dari E_{MEY} akan menghasilkan keuntungan ekonomi perikanan yang lebih kecil dibandingkan tingkat optimumnya, walaupun keuntungan per kapal tetap meningkat (Gambar 1(B)). Sebaliknya, Tujuan-IV dicapai dengan memperbesar upaya penangkapan, namun peningkatan upaya penangkapan melebihi E_{MSY} menghasilkan produksi udang yang lebih rendah dibandingkan MSY, walaupun peluang kerja di kapal penangkap udang tetap meningkat (Gambar 1). Di lain pihak, agar stok udang setidaknya pada tingkat kelimpahan dengan laju pertumbuhan biomasa maksimum, sehingga menghasilkan produksi lestari maksimum, upaya penangkapan perlu dikendalikan paling tinggi pada tingkat E_{MSY} (Gambar 1(C)).



Gambar 1. Hubungan antara upaya penangkapan dengan (A) produksi udang dan keuntungan perikanan, (B) keuntungan per kapal dan jumlah nelayan perikanan udang, serta (C) kelimpahan dan pertumbuhan biomasa udang, di Laut Arafura, berdasarkan data and informasi dari Purwanto (2013a,c).

Figure 1. The relationship between fishing effort and (A) shrimp production and fishery profit, (B) profit per boat and number of fishers of shrimp fishery, and (C) abundance and growth of shrimp biomass, in the Arafura Sea, based on data and information from Purwanto (2013a,c).

Pada Tabel 1 disajikan implikasi dari pemilihan angka acuan diantara MSY dan MEY untuk pengelolaan perikanan. Penggunaan angka MSY sebagai sasaran akan memungkinkan optimisasi produksi dan peluang kerja di atas kapal perikanan, namun keuntungan perikanan akan sub-optimal dan keuntungan per unit kapal lebih rendah. Sebaliknya, bila sasaran pengelolaan adalah MEY, keuntungan perikanan akan optimal dan keuntungan per kapal akan lebih tinggi, namun produksi lestari akan sub-optimal dan peluang kerja sebagai nelayan akan lebih rendah.

Idealnya, tingkat optimum dari produksi lestari, keuntungan perikanan, keuntungan per unit kapal dan peluang kerja di kapal perikanan (kolom (5) pada Tabel 1) dicapai secara bersamaan. Namun, sebagaimana disajikan pada Gambar 1 dan Tabel 1 (kolom (3) & (4)), empat tujuan pengelolaan perikanan tersebut tidak dapat dicapai secara bersamaan (Purwanto, 2003, 2011a&b, 2013a&b). Oleh karena itu perlu ditentukan tingkat kompromi optimal diantara beberapa tujuan yang saling bertentangan dengan sasaran pada tingkat yang memuaskan (Romero & Rechman, 1989).

PEMROGRAMAN MATEMATIKA UNTUK OPTIMISASI DENGAN TUJUAN BERAGAM

Masalah pengambilan keputusan pengelolaan perikanan dengan empat tujuan (Tujuan I – IV) tersebut dapat dituliskan dalam rumusan matematika dengan upaya penangkapan sebagai variabel keputusan. Rumusan matematika tersebut, yang disusun berdasarkan model bio-ekonomi dari Gordon (1954) dengan menggunakan model produksi dari Schaefer (1954; 1957), adalah sebagai berikut:

$$\text{Maksimumkan } Y = U.E \quad (1)$$

$$\text{Maksimumkan } R = h.U.E - c.E \quad (2)$$

$$\text{Maksimumkan } P = h.U - c \quad (3)$$

$$\text{Maksimumkan } K = k.E \quad (4)$$

Dengan syarat:

$$U = a_1 - a_2.E \quad (5)$$

$$B_m \leq b_1 - b_2.E \quad (6)$$

$$E \geq 0 \quad (7)$$

Keterangan:

Y = produksi udang,

U = berat keseluruhan udang hasil tangkapan per unit kapal,

E = upaya penangkapan,

R = keuntungan ekonomi perikanan udang,

P = keuntungan per unit kapal penangkap udang,

K = peluang kerja sebagai awak kapal penangkap udang,

h = harga udang per satuan berat,

c = biaya penangkapan udang per unit kapal,

k = jumlah awak per unit kapal,

B_m = kelimpahan minimum stok udang untuk mempertahankan kelestariannya,

$a_1, a_2, b_1, \text{ dan } b_2$ = koefisien.

Optimisasi untuk pengelolaan perikanan dengan beragam tujuan dapat dilakukan dengan menggunakan *goal programming* ataupun *compromise programming* (Romero & Rechman, 1989). *Goal programming* telah digunakan antara lain oleh Drynan & Sandiford (1985), Sandiford (1986), Mardle *et al.* (2000), dan Kjaersgaard & Andersen (2003) untuk estimasi sasaran pengelolaan perikanan di Eropa, serta oleh Purwanto (2011a) dan Purwanto & Wudianto (2012) untuk estimasi sasaran pengelolaan di Laut Arafura dan Selat Bali. Sementara itu, *compromise programming* antara lain digunakan oleh Purwanto (2003; 2011b) untuk estimasi sasaran pengelolaan perikanan di Laut Jawa dan Laut Arafura.

Optimisasi untuk menentukan tingkat kompromi optimal dari sejumlah sasaran ideal yang disajikan pada tulisan ini (kolom (5) pada Tabel 1) dilakukan dengan pemrograman matematika dengan sasaran beragam (*multiple-goal programming*). Optimisasi ini menggunakan model deterministik serta tidak mempertimbangkan dinamika karena faktor waktu agar model sederhana dan mudah dipahami. Optimisasi dengan *multiple-goal programming* ditujukan untuk meminimumkan deviasi relatif angka acuan sasaran (*target reference point*), yang merupakan tingkat kompromi yang dihasilkan dari optimisasi, terhadap sasaran ideal pengelolaan perikanan udang di Laut Arafura. Pada pemrograman matematika dengan sasaran beragam yang disajikan pada tulisan ini akan menghasilkan angka acuan sasaran untuk pengelolaan perikanan tersebut. Pencapaian sasaran pengelolaan perikanan tersebut dilakukan dengan pengendalian upaya penangkapan. Nilai maksimal (*ideal*) dan nilai minimal (*anti-ideal*) sasaran-sasaran pengelolaan perikanan udang yang digunakan dalam optimisasi ini menggunakan titik acuan E_{MEY} dan E_{MSY} . Walaupun upaya pengelolaan perikanan diarahkan untuk mencapai semua tujuan pengelolaan, prioritas dapat ditetapkan dalam mencapai tujuan tersebut. Pemberian prioritas yang berbeda terhadap masing-masing tujuan pengelolaan dilakukan dengan memberikannya pembobotan dengan nilai berbeda. Berikut ini adalah rumusan matematika dari masalah optimisasi tersebut untuk dipecahkan dengan *multiple-goal programming*.

Tabel 1. Dampak pengelolaan perikanan dengan acuan MSY dan MEY, serta sasaran ideal yang diharapkan pada perikanan udang di Laut Arafura.
Table 1. *Estimated impact of fishery management using MSY and MEY as reference points, and expected value of ideal goals of the management of Arafura shrimp fishery.*

Kriteria/Criteria	Satuan (Units)	Dampak kebijakan pengelolaan perikanan/ Estimated impact of fishery management			Sasaran pengelolaan perikanan/ Expected value of ideal goals for fishery management
		MSY sebagai acuan/ MSY as a reference point	MEY sebagai acuan/ MEY as a reference point		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
▪ Produksi udang/Shrimp production	1000 ton/tahun (1000 tonnes/yr)	49,5	42,0	49,5	
▪ Keuntungan keseluruhan/Total fishery profit	US\$ juta/tahun (US\$ million/yr)	100,3	168,4	168,4	
▪ Keuntungan pelaku usaha/Profit gained by each fisher	US\$ 1000/kapal/tahun (US\$ 1000/vessel/yr)	157,9	433,8	433,8	
▪ Peluang kerja di kapal/Job opportunity as vessel crews	Orang (People)	13337	8152	13337	
▪ Biomasa udang/Shrimp biomass	1000 ton (1000 tonnes)	56,332	78,232	78,232	
▪ Upaya penangkapan/Fishing effort	Jumlah kapal pukat udang (number of shrimp trawlers)	635	388		

Keterangan: berdasarkan data and informasi dari Purwanto (2013a,b&c).

A. Fungsi Tujuan:

$$\text{Minimumkan: } R = w_1 \cdot r_1 + w_2 \cdot r_2 + w_3 \cdot r_3 + w_4 \cdot r_4 \dots (8)$$

B. Fungsi Kendala:

Deviasi relatif terhadap sasaran:

$$r_1 = n_1 / (G_1 - L_1) \quad (9)$$

$$r_2 = n_2 / (G_2 - L_2) \quad (10)$$

$$r_3 = n_3 / (G_3 - L_3) \quad (11)$$

$$r_4 = n_4 / (G_4 - L_4) \quad (12)$$

Sasaran produksi udang:

$$G_1 = U \cdot E + n_1 \quad (13)$$

Sasaran perolehan netto perikanan udang:

$$G_2 = h \cdot U \cdot E - c \cdot E + n_2 \quad (14)$$

Sasaran keuntungan pelaku usaha:

$$G_3 = (h \cdot U - c) \cdot E + n_3 \quad (15)$$

Sasaran peluang kerja di kapal:

$$G_4 = k \cdot E + n_4 \quad (16)$$

Kelimpahan stok udang:

$$B_{MSY} \leq b_1 - b_2 \cdot E \quad (17)$$

Produktivitas kapal perikanan udang:

$$U = a_1 - a_2 \cdot E \quad (18)$$

Keterangan:

w_1, w_2, w_3 dan w_4 = bobot yang mencerminkan prioritas masing-masing tujuan pengelolaan;

G_1, G_2, G_3 dan G_4 = nilai sasaran ideal masing-masing tujuan pengelolaan;

L_1, L_2, L_3 dan L_4 = nilai sasaran minimal atau sasaran tidak ideal (*anti-ideal*) masing-masing tujuan pengelolaan;

n_1, n_2, n_3 dan n_4 = nilai deviasi negatif dari tingkat kompromi masing-masing sasaran terhadap nilai idealnya;

B_{MSY} = kelimpahan stok (biomasa) udang yang menghasilkan MSY.

Nilai masing-masing parameter/koeffisien dan sasaran yang digunakan untuk pemrograman matematika dengan sasaran beragam tersebut disajikan pada Tabel 2. Nilai dari h , c dan k adalah berdasarkan data atau informasi tahun 2011, bersumber dari beberapa perusahaan penangkapan udang. Nilai dari a_1 , a_2 , b_1 , b_2 , B_{MSY} dan nilai sasaran bersumber dari Purwanto (2013a,b&c). Optimisasi dengan *non-linear multiple-goal programming* tersebut

dilakukan menggunakan piranti lunak GAMS (*General Algebraic Modelling System*; Anonymous, 2011). Program GAMS untuk optimisasi tersebut disajikan pada Lampiran 1.

SASARAN DARI BERAGAM TUJUAN PENGELOLAAN

Sasaran beragam dengan bobot prioritas sama

Angka acuan sasaran (*target reference points*) yang merupakan nilai estimasi kompromi optimal terhadap beragam sasaran ideal yang saling bertentangan pada pengelolaan perikanan udang di Laut Arafura dalam kerangka Pembangunan Nasional diperoleh dari optimisasi menggunakan pemrograman matematika dengan memberikan bobot prioritas yang sama terhadap empat tujuan pengelolaan. Hasil estimasi angka acuan sasaran dengan pemrograman tersebut disajikan pada Tabel 3.

Tingkat produksi dan total keuntungan perikanan udang untuk acuan sasaran pengelolaan perikanan udang di Laut Arafura masing-masing adalah sekitar 47,6 ribu ton/tahun dan US\$ 151,4 juta/tahun (Tabel 3). Deviasi relatif angka acuan sasaran tersebut terhadap masing-masing sasaran idealnya adalah sekitar 25%. Kompromi optimal tersebut mendekati sasaran ideal. Sementara itu, angka acuan tingkat keuntungan yang diperoleh pelaku usaha dan peluang kerja di kapal sebagai sasaran pengelolaan perikanan tersebut adalah sekitar US\$ 295,8 ribu/kapal/tahun dan 10744 orang. Deviasi relatif dua angka acuan sasaran ini terhadap masing-masing sasaran idealnya adalah sekitar 50%. Kompromi optimal ini berada di tengah di antara batas atas yang merupakan sasaran ideal dan batas bawah yang merupakan sasaran tidak ideal.

Untuk mencapai sasaran yang menjadi acuan dalam pengelolaan perikanan tersebut perlu dilakukan pengendalian upaya penangkapan udang pada tingkat yang setara dengan daya tangkap dari 512 kapal pukat udang ukuran 130 GT (Tabel 3). Pada tingkat upaya penangkapan tersebut kelimpahan stok udang di Laut Arafura diharapkan akan mencapai sekitar 67,3 ribu ton. Biomasa udang pada kondisi dicapainya kompromi optimal dari sejumlah tujuan pengelolaan perikanan yang saling bertentangan tersebut lebih besar dibandingkan biomasa untuk mempertahankan kelestarian stok udang dengan laju pertumbuhan maksimum (B_{MSY}).

Tabel 2. Nilai koefisien/parameter dan sasaran yang digunakan dalam pemrograman dengan sasaran beragam untuk pengelolaan perikanan udang di Laut Arafura.

Table 2. The value of coefficients/parameters and goals used in a programming with multiple goals for the management of shrimp fishery in the Arafura Sea.

parameter/koefisien/ sasaran (coefficients/ parameters/goals)	Nilai (Values)	Satuan (Units)	Keterangan (Remarks)
G_1	49492	Ton/tahun (Tonnes/year)	Angka MSY (Quantity of MSY)
L_1	42012	Ton/tahun (Tonnes/year)	Angka MEY (Quantity of MEY)
G_2	168,4	US\$ juta/tahun (US\$ million/year)	Tingkat optimum keuntungan perikanan (The optimal profit of fishery)
L_2	100,3	US\$ juta/tahun (US\$ million/year)	Keuntungan perikanan saat dicapai MSY (Profit of fishery at MSY)
G_3	433,8	US\$ 1000/kapal/tahun 1000/vessel/year	Keuntungan per kapal saat dicapai MEY (Profit per vessel when MEY achieved)
L_3	157,9	US\$ 1000/kapal/tahun /vessel/year	Keuntungan per kapal saat dicapai MSY (Profit per vessel when MSY achieved)
G_4	13337	Orang (People)	Peluang kerja sebagai awak kapal penangkap udang saat dicapai MSY (Opportunity for job as fishing vessel crews when MSY achieved)
L_4	8152	Orang (People)	Peluang kerja sebagai awak kapal penangkap udang saat dicapai MEY (Opportunity for job as fishing vessel crews when MEY achieved)
h	9107	US\$/ton (US\$/tonnes)	
c	551,84	US\$ 1000/kapal/tahun 1000/vessel/year	(US\$)
k	21	Orang/kapal (People/vessel)	
B_{MSY}	56332	Ton (Tonnes)	
a_1	155,86		
a_2	0,1227		
b_1	112663,4		
b_2	88,7008		

Sumber: Purwanto (2013a,b&c), kecuali G_4 dan L_4 yang merupakan hasil perhitungan berdasarkan E_{MSY} dan E_{MSY} dari Purwanto (2013a) dan k .

Tabel 3. Nilai sasaran ideal yang diharapkan dan angka acuan sasaran dari pengelolaan perikanan udang di Laut Arafura.
 Table 3. Expected value of ideal goals and target reference points of the management of shrimp fishery in the Arafura Sea.

	Kriteria/Criteria	Satuan (Units)	Nilai sasaran ideal/ Expected value of ideal goals	Angka acuan sasaran/ Target reference points
<i>Pro-growth</i>	1. Produksi udang/Shrimp production	1000 ton/tahun (1000 tonnes/yr)	49,5	47,6
	2. Keuntungan perikanan keseluruhan/Total fishery profit	US\$ juta/tahun (US\$ million/yr)	168,4	151,4
<i>Pro-poor</i>	3. Keuntungan pelaku usaha/Profit gained by each fisher	US\$ 1000/kapal/tahun (US\$ 1000/vessel/yr)	433,8	295,8
<i>Pro-job</i>	4. Peluang kerja di kapal/Job opportunity as vessel crews	Orang (People)	13337	10744
<i>Pro-environment</i>	5. Biomasa udang/Shrimp biomass	1000 ton (1000 tonnes)	78,2	67,3
Upaya penangkapan/Fishing effort		Jumlah kapal pukat udang (number of shrimp trawlers)		512
Produktivitas kapal pukat udang/Shrimp trawler productivity		Ton/kapal/tahun (Tonnes/vessel/year)		93,1
Perolehan perikanan keseluruhan/Total revenue of fishery		US\$ juta/tahun (US\$ million/yr)		433,7
Biaya perikanan keseluruhan/Total running cost of fishery		US\$ juta/tahun (US\$ million/yr)		282,3

Hal tersebut sesuai dengan perkembangan strategi pengelolaan perikanan pada tahun-tahun terakhir ini yang tidak lagi menggunakan MSY sebagai angka acuan yang menjadi sasaran pengelolaan perikanan melainkan digunakan sebagai angka acuan yang menjadi batas guna memperkecil resiko kegagalan pelestarian SDI (FAO, 1997; Mace, 2001; Quinn & Collie, 2005). Angka acuan yang menjadi sasaran pengelolaan adalah pada tingkat yang lebih rendah daripada MSY.

Pemrograman optimisasi dengan beragam tujuan yang saling bertentangan dengan menggunakan angka acuan batas MSY, E_{MSY} , MEY dan E_{MEY} , sebagaimana disajikan dalam tulisan ini, menghasilkan $E_{MEY} < E^* < E_{MSY}$, yaitu tingkat upaya penangkapan optimal (E^*) lebih rendah dibandingkan E_{MSY} namun lebih tinggi dibandingkan E_{MEY} . Deviasi relatif E^* terhadap E_{MSY} dan E_{MEY} adalah sekitar 50%. Dengan menggunakan acuan tingkat upaya penangkapan optimal hasil optimisasi tersebut dalam pengendalian penangkapan udang, pengelolaan perikanan selain menghasilkan capaian sasaran pada tingkat kompromi optimal juga lebih menjamin kelestarian stok udang. Pengendalian upaya penangkapan udang pada tingkat kompromi optimal mengkondisikan pemanfaatan SDI pada tingkat optimal dan lestari. Hal ini juga akan mengkondisikan adanya iklim investasi yang lebih kondusif bagi kegiatan perikanan berbasis sumberdaya alam hayati.

Tujuan pengelolaan perikanan di Indonesia mencakup aspek ekonomi, sosial, sumberdaya alam dan lingkungan, sebagaimana dirumuskan sebagai kriteria pembangunan yaitu *pro-growth*, *pro-poor*, *pro-*

job dan *pro-environment*. Pemrograman optimisasi dengan beragam sasaran yang saling bertentangan, sebagaimana disajikan disini, telah digunakan untuk mengestimasi tingkat kesetimbangan diantara aspek-aspek tersebut. Deviasi relatif dari tingkat kompromi optimal terhadap sasaran ideal produksi dan total keuntungan perikanan udang (25%) serta terhadap sasaran ideal keuntungan pelaku usaha dan peluang kerja di kapal (50%) mengindikasikan kesetimbangan optimal diantara aspek-aspek tersebut.

Sasaran beragam dengan bobot prioritas berbeda

Optimisasi lanjutan dilakukan dengan memberikan bobot prioritas yang lebih tinggi terhadap dua tujuan pengelolaan perikanan udang sesuai dengan amanat pada Pasal 6(1) UU nomor 31 tahun 2004, yaitu untuk mengoptimalkan produksi udang dalam rangka mendorong pertumbuhan ekonomi (Tujuan-I) dan mengoptimalkan keuntungan ekonomi perikanan udang (Tujuan-II). Optimisasi dengan dua tujuan tersebut menghasilkan tingkat kompromi optimal yang tidak berbeda dari hasil optimisasi untuk pengelolaan perikanan dalam kerangka pembangunan nasional (Tabel 3). Angka acuan yang menjadi sasaran, yang merupakan tingkat kompromi optimal terhadap sasaran ideal dari tujuan yang saling bertentangan, dalam pengelolaan perikanan udang dalam rangka merealisasikan amanat Pasal 6 UU nomor 31 tahun 2004 dicapai dengan mengendalikan upaya penangkapan udang pada tingkat yang setara dengan daya tangkap dari 512 kapal pukat udang ukuran 130 GT.

Tabel 3. Upaya penangkapan optimal untuk mencapai tingkat kompromi optimal dari beragam tujuan pengelolaan perikanan udang di Laut Arafura dengan bobot prioritas yang berbeda untuk masing-masing tujuan.

Table 3. Optimal fishing effort to achieve optimal compromise levels for the conflicting objectives of the management of shrimp fishery in the Arafura Sea by prioritising different objectives.

Bobot prioritas masing-masing tujuan pengelolaan perikanan/ Weight of priority for each objective of fisheries management				Upaya penangkapan optimal (Jumlah kapal*)/ The optimal fishing effort (Number of vessels*)
Tujuan-I/ Objective-I: Optimisasi Produksi udang/ Optimisation of shrimp production	Tujuan-II/ Objective-II: Optimisasi keuntungan perikanan/ Optimisation of fishery profit	Tujuan-III/ Objective-III: Peningkatan keuntungan pelaku usaha/ Increasing profit gained by each fisher	Tujuan-IV/ Objective-IV: Peningkatan peluang kerja di kapal/ Increasing job opportunity as vessel crews	
1	1	1	1	512
10	10	1	1	512
100	100	1	1	512
1000	1000	1	1	512

Keterangan: * kapal dengan daya tangkap setara kapal pukat udang 130 GT/
Remark: * a vessel with fishing power equal to a shrimp trawler of 130 GT.

Hasil optimisasi tersebut menunjukkan bahwa pelaksanaan pengelolaan perikanan dengan memberikan bobot prioritas yang lebih tinggi terhadap Tujuan-I dan Tujuan-II membutuhkan strategi pengelolaan yang tidak berbeda dari strategi pengelolaan perikanan dalam kerangka Pembangunan Nasional yang dilaksanakan untuk mencapai empat tujuan dengan bobot prioritas yang sama. Hal yang sama ditunjukkan oleh Purwanto (2011a) dan Purwanto & Wudianto (2012) dari estimasi angka acuan sasaran untuk pengelolaan perikanan lemuru di Selat Bali.

KESIMPULAN

Sasaran ideal dari empat tujuan yang saling bertentangan pada pengelolaan perikanan udang di Laut Arafura tidak dapat dicapai secara bersamaan. Angka acuan sasaran pada tingkat kompromi optimal untuk pengelolaan perikanan dalam kerangka pembangunan nasional, dengan memberikan bobot prioritas sama terhadap empat tujuan pengelolaan, dicapai dengan pengendalian upaya penangkapan pada tingkat yang setara dengan daya tangkap 512 kapal pukat udang 130GT. Angka acuan sasaran yang sama dihasilkan dari optimisasi dengan pemberian bobot prioritas yang lebih tinggi terhadap dua tujuan pengelolaan perikanan sesuai dengan Pasal 6 Undang Undang Perikanan tahun 2004.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 2011. GAMS: A User's Guide. GAMS Development Corporation, Washington, DC. 269p.
- Badrudin, B. Sumiono & N. Wirdaningsih. 2002. Laju tangkap, hasil tangkapan maksimum (MSY), dan upaya optimum perikanan udang di Laut Arafura. J. Penelitian Perikanan Indonesia, 8(4): 23-29.
- Drynan, R.G. & F. Sandiford. 1985. Incorporating economic objectives in goal programming for fishery management. Marine Resource Economics, 2: 175-195.
- FAO. 1997. Fisheries management. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries. No. 4. Rome, FAO. 1997. 82p.
- Gordon, H.S. 1954. The economic theory of the common property resource: the fishery. Journal of Political Economy, 62: 124-42.
- Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan nomor 45/Men/2011 tentang Estimasi Potensi Sumberdaya Ikan di Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia
- Kjaersgaard, J. & J.L. Andersen. 2003. Multi-objective management in fisheries: The case of the Danish industrial fishery in the North Sea. Danish Research Institute of Food Economics. 90p.
- Mace, P.M. 2001. A new role for MSY in single-species and ecosystem approaches to fisheries stock assessment and management. Fish and Fisheries, 2: 2-32.
- Mardle, S., S. Pascoe, M. Tamiz & D. Jones. 2000. Resource allocation in the North Sea demersal fisheries: A goal programming approach. Annals of Operations Research, 94: 321-342.
- McCluskey, S.M. & R.L. Lewison. 2008. Quantifying fishing effort: a synthesis of current methods and their applications. Fish and Fisheries 9: 188-200.
- Naamin, N. 1984. Dinamika populasi udang jerbung (*Penaeus merguensis* de Man) di perairan Arafura dan alternatif pengelolaannya. Disertasi Doktor. Fakultas Pasca Sarjana IPB. 281p.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). 2007. Glossary of statistical terms. OECD. 863p.
- Peraturan Presiden (Perpres) nomor 5 tahun 2010 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional tahun 2010 – 2014.
- Purwanto. 2003. Status and management of the Java Sea fisheries, p. 793 - 832. In G. Silvestre, L. Garces, I. Stobutzki, M. Ahmed, R.A. Valmonte-Santos, C. Luna, L. Lachica-Aliño, P. Munro, V. Christensen and D. Pauly (eds.) Assessment, Management and Future Directions for Coastal Fisheries in Asian Countries. WorldFish Center Conference Proceeding 67, 1120 p.
- Purwanto. 2008. Resource rent generated in the Arafura shrimp fishery. Final Draft. Prepared for the World Bank PROFISH Program. Washington. D.C. 29p.
- Purwanto, 2010. The biological optimal level of the arafura shrimp fishery. Ind. Fish. Res. J., 16(2): 79-89.
- Purwanto. 2011a. Model optimisasi dengan sasaran beragam untuk pengelolaan perikanan udang di Laut Arafura. Jurnal Kebijakan Perikanan Indonesia 3(1): 61-75.

- Purwanto. 2011b. A compromise solution to the conflicting objectives in the management of the Arafura shrimp fishery. *Ind. Fish. Res. J.*, 17(1): 37-44.
- Purwanto, 2013a. Biomasa udang, produktivitas armada penangkapan dan potensi produksi perikanan udang di Laut Arafura.
- Purwanto, 2013b. Angka acuan batas pemanfaatan optimum stok udang dan ikan demersal di Laut Arafura.
- Purwanto, 2013c. Profitabilitas dan potensi ekonomi perikanan udang di Laut Arafura.
- Purwanto & Wudianto, 2012. Angka acuan sasaran untuk pengelolaan perikanan lemuru di Selat Bali dengan tujuan beragam. *Jurnal Kebijakan Perikanan Indonesia* 4(1): 35-47.
- Quinn II, T.J. & J.S. Collie. 2005. Sustainability in single-species population models. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 360: 147–162.
- Romero, C. & T. Rehman. 1989. *Multiple Criteria Analysis for Agricultural Decisions*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam. 257p.
- Sainsbury, K. 2008. *Best Practice Reference Points for Australian Fisheries*. AFMA, Canberra.
- Sandiford, F. 1986. An analysis of multiobjective decision-making for the Scottish inshore fishery. *Journal of Agricultural Economics*, 37: 207-219.
- Schaefer, M. B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of commercial marine fisheries. *Bulletin of the Inter American Tropical Tuna Commission*, 1: 25-56.
- Schaefer, M. B. 1957. Some considerations of population dynamics and economics in relation to the management of marine fisheries. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 14: 669-81.
- Undang Undang Dasar Negara Republik Indonesia tahun 1945 (UUD 1945).
- Undang Undang (UU) nomor 31 tahun 2004 tentang Perikanan.
- Undang Undang nomor 17 tahun 2007 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional tahun 2005 – 2025.
- Widodo, J., Purwanto & S. Nurhakim. 2001. *Evaluasi Penangkapan Ikan di Perairan ZEEI Arafura: Pengkajian sumberdaya ikan demersal*. Direktorat Jenderal Perikanan, Departemen Kelautan dan Perikanan. Jakarta. 50p.

Lampiran 1 PROGRAM GAMS UNTUK ESTIMASI ANGKA ACUAN SASARAN PENGELOLAAN PERIKANAN UDANG ARAFURA

\$Title ESTIMATION OF THE TARGET REFERENCE POINT FOR THE MANAGEMENT OF ARAFURA SHRIMP FISHERY

SCALARS

PRICE	Price of shrimps in US\$ 1000 per tonnes	/	9.107	/
COST	Cost of fishing in US\$ 1000 per vessel per yr	/	551.84	/
ALFA0	A0 coefficient of Schaefer production model	/	155.8619	/
ALFA1	A1 coefficient of Schaefer production model	/	0.12271	/
BETA0	B0 coefficient of Schaefer biomass model	/	112663.389	/
BETA1	B1 coefficient of Schaefer biomass model	/	88.700789	/
BIOMMSY	Shrimp biomass at MSY in tonnes	/	56331.695	/
CREW	Number of people working on a shrimp trawler	/	21	/

* Weights attached to each of the objectives

W1	Weight of priority for goal-1:QTYMSY	/	1	/
W2	Weight of priority for goal-2:RENTMEY	/	1	/
W3	Weight of priority for goal-3:VPROFMEY	/	1	/
W4	Weight of priority for goal-4:LABORMSY	/	1	/

* Ideal solution or Goals:

QTYMSY	maximum sustainable yield in tonnes	/	49492.027	/
RENTMEY	Total profit at MEY in US\$ million	/	1.6839E+5	/
VPROFMEY	Profit per unit vessel at MEY in US\$ 1000	/	433.797	/
LABORMSY	Total labor engaged in shrimp fishery at MSY	/	13337	/

* Anti-ideal solution:

QTYMEY	maximum sustainable yield in tonnes	/	42011.516	/
RENTMSY	Total profit at MSY in US\$ million	/	1.0026E+5	/
VPROFMSY	Profit per unit vessel at MSY in US\$ 1000	/	157.877	/
LABORMEY	Total labor engaged in shrimp fishery at MEY	/	8152	/;

VARIABLES

GOAL

POSITIVE VARIABLES

RDEVCATCH	Relative deviation of catch
RDEVRENT	Relative deviation of resource rent
RDEVPROF	Relative deviation of vessel profit
RDEVLAB	Relative deviation of labor
n1	
n2	
n3	
n4	
RENT	Resource rent generated in US\$ 1000 per year
TREVN	Total annual return of catching shrimps in US\$ 1000
TCOST	Total annual cost of catching shrimps in US\$ 1000
VPROF	Profit per unit vessel in US\$ 1000
TCATCH	Total catch of shrimp fishery in tonnes
CPUE	Catch per unit effort of shrimp fishery in tonnes
TLABOR	Total labor engaged in shrimp fishery
EFFORT	Effort standardised in the number of shrimp trawlers
BIOMASS	Abundance of shrimp stock in tonnes;

EQUATIONS

OBJECTIVE
RELDEVIATION1
RELDEVIATION2
RELDEVIATION3
RELDEVIATION4
GOALPRODN
GOALRRENT
GOALVPROFIT
GOALTLABOR
RESCOURCERENT
FISHINGREVENUE
FISHINGCOST
VESSELPROFIT
PRODUCTION
PRODUCTIVITY
TOTALLABOR
SHRSTOCKCONST
STOCKABUNDANCE;

OBJECTIVE.. $GOAL = E = W1 * RDEV CATCH + W2 * RDEV RENT + W3 * RDEV PROF + W4 * RDEV LAB;$

RELDEVIATION1.. $RDEV CATCH = E = n1 / (QTYMSY - QTYMEY);$
RELDEVIATION2.. $RDEV RENT = E = n2 / (RENTMEY - RENTMSY);$
RELDEVIATION3.. $RDEV PROF = E = n3 / (VPROFMEY - VPROFMSY);$
RELDEVIATION4.. $RDEV LAB = E = n4 / (LABORMSY - LABORMEY);$

GOALPRODN.. $QTYMSY = E = TCATCH + n1;$
GOALRRENT.. $RENTMEY = E = RENT + n2;$
GOALVPROFIT.. $VPROFMEY = E = VPROF + n3;$
GOALTLABOR.. $LABORMSY = E = TLABOR + n4;$

RESCOURCERENT.. $RENT = E = TREVN - TCOST;$
FISHINGREVENUE.. $TREVN = E = PRICE * TCATCH;$
FISHINGCOST.. $TCOST = E = COST * EFFORT;$
VESSELPROFIT.. $VPROF = E = PRICE * CPUE - COST;$

PRODUCTION.. $TCATCH = E = EFFORT * CPUE;$
PRODUCTIVITY.. $CPUE = E = ALFA0 - ALFA1 * EFFORT;$
TOTALLABOR.. $TLABOR = E = CREW * EFFORT;$
SHRSTOCKCONST.. $BIOMASS = G = BIOMMSY;$
STOCKABUNDANCE.. $BIOMASS = E = BETA0 - BETA1 * EFFORT;$

MODEL POLICY /ALL/;
SOLVE POLICY MINIMISING GOAL USING NLP;